



Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών και
Πληροφορικής
Σχολή Μηχανικής

Υλοποίηση πυρήνα 2D Delaunay τριγωνισμού για
την ανακατασκευή επιφάνειας σε πραγματικό χρόνο
μέσω σύνθεσης υψηλού επίπεδου σε κυκλώματα
προγραμματιζόμενης λογικής.

Διπλωματική Εργασία

του

ΧΡΙΣΤΑΚΗ Α. ΚΑΛΛΗ

Επιβλέπων: Δρ. Κυριάκος Δεληπαράσχος

Λεμεσός, Μαΐος 2017



Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
και Πληροφορικής
Σχολή Μηχανικής

Υλοποίηση πυρήνα 2D Delaunay τριγωνισμού για
την ανακατασκευή επιφάνειας σε πραγματικό χρόνο
μέσω σύνθεσης υψηλού επίπεδου σε κυκλώματα
προγραμματιζόμενης λογικής.

Διπλωματική Εργασία

του

ΧΡΙΣΤΑΚΗ Α. ΚΑΛΛΗ

Επιβλέπων: Δρ. Κυριάκος Δεληπαράσχος

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 19η Μαΐου 2017.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....

.....

.....

Δρ. Κυριάκος Δεληπαράσχος Δρ. Γιώργος Μουστρης

Δρ. Σάββας Λοΐζου

Λεμεσός, Μαΐος 2017



Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών
και Πληροφορικής
Σχολή Μηχανικής

Copyright © –All rights reserved Χριστάκης Καλλής, 2017.

Με την επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Το περιεχόμενο αυτής της εργασίας δεν απηχεί απαραίτητα τις απόψεις του Τμήματος, του Επιβλέποντα, ή της επιτροπής που την ενέκρινε.

Υπεύθυνη Δήλωση

Βεβαιώνω ότι είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας, και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην διπλωματική εργασία. Επίσης έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η διπλωματική εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τις απαιτήσεις του προγράμματος σπουδών της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών και Πληροφορικής.

(Υπογραφή)

.....

Χριστάκης Καλλής

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία ασχοληθήκαμε με την κατασκευή πυρήνα που εκτελεί την διαδικασία του *2D Delaunay* τριγωνισμού έτσι ώστε να πετύχουμε ανακατασκευή επιφάνειας σε πραγματικό χρόνο μέσω της σύνθεσης υψηλού επιπέδου σε κυκλώματα προγραμματιζόμενης λογικής. Για να ολοκληρώσουμε επιτυχώς την διαδικασία σχεδιασμού ακολουθήσαμε κάποιες πολύ σημαντικές διαδικασίες που προσφέρονται στο περιβάλλον εργασίας ενός εξειδικευμένου λογισμικού εργαλείου που ονομάζεται *Vivado*. Αρχικά, κατασκευάσαμε τον αλγόριθμο του τριγωνισμού σε γλώσσα προγραμματισμού (*C++*) και μέσω του εργαλείου ακολουθήσαμε την διαδικασία της σύνθεσης υψηλού επιπέδου έτσι ώστε να μεταγλωττίσουμε τον αλγόριθμο του σχεδιασμού σε γλώσσα περιγραφής υλικού (*Verilog*). Με πρωταρχικό στόχο, να δημιουργήσουμε ένα πυρήνα που θα εκτελεί ανακατασκευή επιφάνειας σε πραγματικό χρόνο, χρειάστηκε να περάσουμε τον σχεδιασμό από διαδικασίες βελτιστοποίησης. Έτσι, με την χρήση υψηλού επιπέδου οδηγιών και παραλληλοποίηση καταφέραμε να αυξήσουμε τον χρόνο ανταπόκρισης του σχεδιασμού, μειώνοντας σε μεγάλο βαθμό τους κύκλους καθυστέρησης που δημιουργούν οι διαδικασίες του τριγωνισμού. Αφού ολοκληρώσαμε τις διαδικασίες υλοποίησης και βελτιστοποίησης του σχεδιασμού μπορούσαμε πλέον να δούμε τα αποτελέσματα που παράγει ο σχεδιασμός που κατασκευάσαμε. Γενικά, καταφέραμε να δημιουργήσουμε ένα σχεδιασμό ανακατασκευής επιφάνειας με *2D Delaunay* τριγωνισμό που φτάνει σε ταχύτητα $0.0445s$ ή $70FPS$ με αρχείο εισόδου 477 σημείων. Επιπρόσθετα συγκρίναμε την ταχύτητα εκτέλεσης του λογισμικού αλγορίθμου με την ταχύτητα εκτέλεσης του αλγορίθμου του υλικού πυρήνα και διαπιστώσαμε πως σε υλοποιήσεις υλικού έχουμε 19 μεγαλύτερη ταχύτητα εκτέλεσης από τις υλοποιήσεις λογισμικού. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται εκτενώς όλες οι διαδικασίες/στάδια που πέρασε ο αλγόριθμος του τριγωνισμού, όπως επίσης και στοιχεία που αποδεικνύουν την απόδοση/ταχύτητα που πετύχαμε.

Abstract

The current thesis deals with the construction of a core that performs 2D Delaunay triangulation process so that real-time surface reconstruction is achieved through high level synthesis in programmable logic circuits. To successfully complete the design process, we followed the significant procedures that are offered in the interface of a specialized tool software called Vivado. Initially, we constructed the triangulation algorithm in programming language (C++) and through the tool we followed the high-level synthesis process in order to compile the design algorithm into a hardware description language (Verilog). According to our primary goal of creating a kernel that will perform real-time reconstruction, we need to move the design out of optimization processes. Thus, using high-level directives and pipelining, we managed to increase the response time of the design in combination with dramatically reducing the delay cycles generated by the triangulation processes. After completing our design implementation and optimization procedures, we could now admire the results produced by the design we built. Generally, we were able to create a 2D Delaunay triangulation surface reconstruction design that reaches 0.01445s or 70FPS with a 477-points input file. In addition, we compared the execution speed of the algorithm software with the execution speed of the kernel algorithm, and we proudly noted that in hardware implementations we have 19x faster execution speed than software implementation. The paper extensively presents all the processes / stages crossed by the triangulation algorithm, as well as data demonstrating the performance / speed we have achieved.